



Systemhydraulik und Stagnationsverhalten solarthermischer Großanlagen im internationalen Überblick

Samuel Knabl, Christian Fink, Franz Mauthner, Robert Hausner

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
AUSTRIA

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

IEA SHC Task 45 - Large Systems

- ❖ Subtask A: Collectors and collector loop
- ❖ Subtask B: Storages
- ❖ Subtask C: Systems - configurations, operating strategies, financing issues

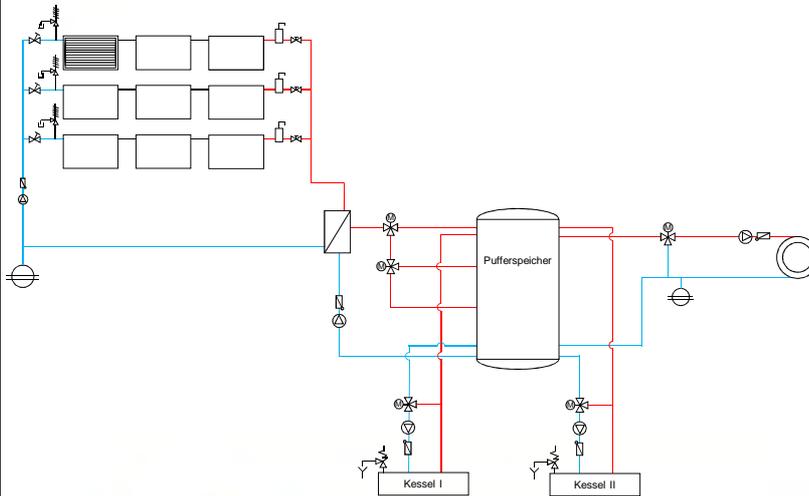
IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

SHC
SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

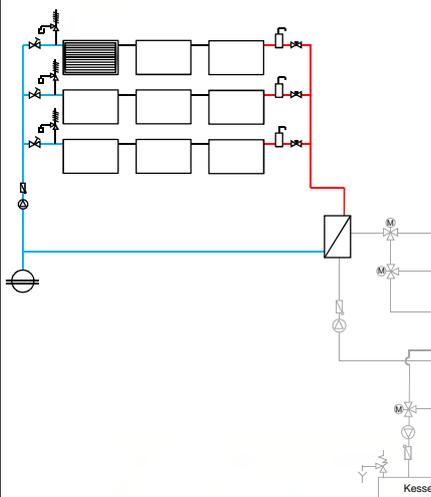
bm 

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Rahmen der Präsentation



Rahmen der Präsentation



- ❖ Allgemeine Anlagenhydraulik - Primärkreis
- ❖ Druckhaltung und Sicherheitstechnik
- ❖ Stagnationsverhalten
- ❖ Befüllen, Spülen und Entgasen



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Maßnahmen im Umgang mit Stagnation bei solarthermischen Großanlagen

	Maßnahmen im Umgang mit Stagnation	Stagnationsvermeidung
Passive Maßnahmen	Großes Volumen des Ausdehnungsgefäßes (kleine Systeme <25 m ²)	
	Luftkühler z.B.: Fußleistenheizelement (kleine Systeme <50 m ²)	Drainback System
	Stagnationskühler	
	passive Wärmesenken in Solarkreislauf z. B. "Aqua-System"	
Aktive Maßnahmen	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system
	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler) 	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler)
		Nachtkühlung
Sicherheitsventil	(üblicherweise) hoher Ansprechdruck	(üblicherweise) niedriger Ansprechdruck
Ausdehnungsgefäß	Großes Volumen (Wärmeausdehnung und Dampf)	Kleines Volumen (nur Wärmeausdehnung)

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„Jaegerspris“ in Dänemark

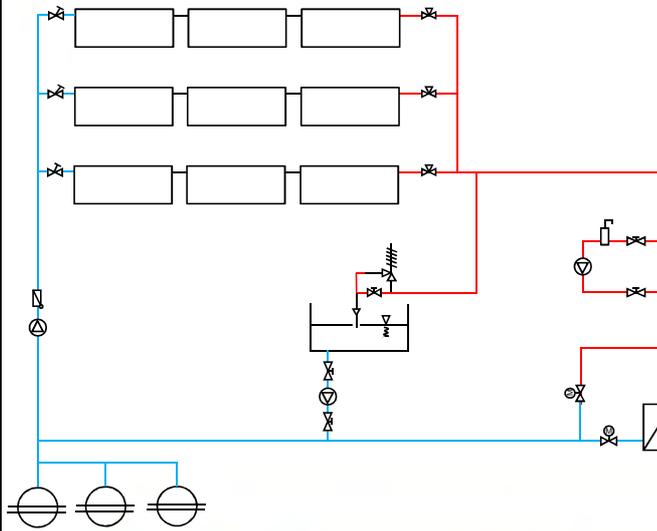


- ❖ Erdgas-KWK (5,6 MW_{el}, 7 MW_{th}) + thermische Solaranlage + Spitzenlast-Gaskessel (8 MW_{th})
- ❖ 1.240 Abnehmer (39 GWh/a)
- ❖ 10.044m² Kollektorfläche
- ❖ Solare Deckung: 12% (Solareinspeisung ins Netz: ca. 4,6 GWh/a)
- ❖ Inbetriebnahme: 2010

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



System „Dänemark“



- ❖ Nur ein zentrales Überdruckventil
- ❖ Ein 3-Wege-Ventil pro Kollektorreihe
- ❖ Für den Druckausgleich kommt häufig eine Kaskade von Ausdehnungsgefäßen zum Einsatz.
- ❖ Leere Kollektorfelder werden manuell über eine im Rücklauf angebrachte Pumpe befüllt
- ❖ Einsatz von Nachtkühlung zur Vermeidung von möglicher Anlagestagnation.
- ❖ Entlüftung im Vorlauf über Bypass im Technikraum



Case Example „Jaegerspris“



3-Wege-Ventil





IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

System „Dänemark“

	Maßnahmen im Umgang mit Stagnation	Stagnationsvermeidung
Passive Maßnahmen	Großes Volumen des Ausdehnungsgefäßes (kleine Systeme <25 m ²)	
	Luftkühler z.B.: Fußleistenheizelement (kleine Systeme <50 m ²)	Drainback System
	Stagnationskühler	
	passive Wärmesenken in Solarkreislauf z. B. "Aqua-System"	
Aktive Maßnahmen	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system
	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> Wasser/Wasser-Kühler elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler) 	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> Wasser/Wasser-Kühler elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler)
Sicherheitsventil	(üblicherweise) hoher Ansprechdruck	(üblicherweise) niedriger Ansprechdruck
Ausdehnungsgefäß	Großes Volumen (Wärmeausdehnung und Dampf)	Kleines Volumen (nur Wärmeausdehnung)

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

System „Österreich“



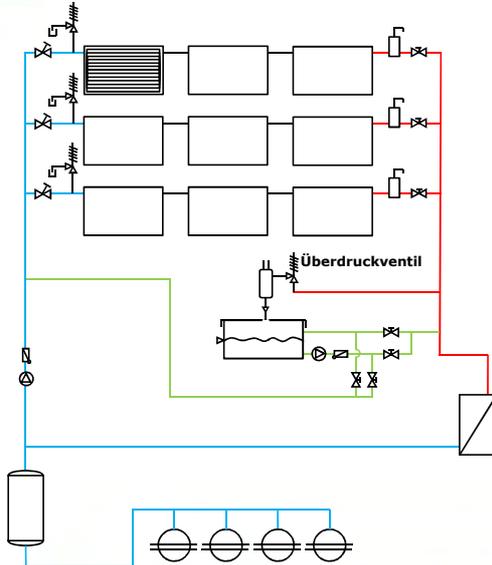
Bildquelle: SOLID



Bildquelle: SOLID

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

System „Österreich“



- ❖ In jedem Kollektorsubfeld wird ein Überströmventil, ein Strangreguliertventil und ein manueller Entlüfter installiert
- ❖ Im Technikraum befindet sich ein Überströmventil mit einem verringertem Ansprechdruck sowie einem Dampfabscheider
- ❖ Die Befüllung des Kollektorfelds erfolgt manuell über den Rücklauf
- ❖ Um die Membran der Ausdehnungsgefäße zu schützen wird ein Vorschaltgefäß installiert

Universitätscampus „Riad“

Bruttokollektorfläche: 36.000m²
Universitätscampus

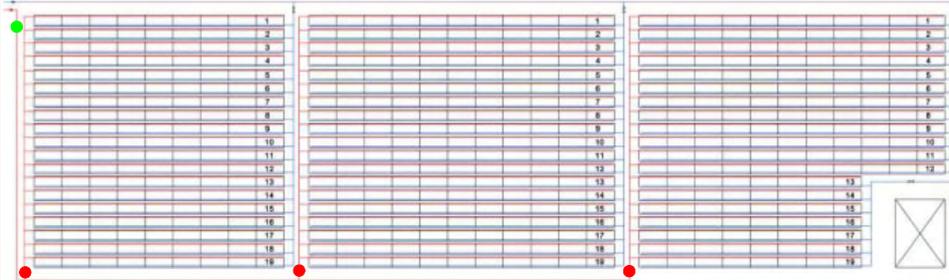




IEA Forschungsk Kooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Beispiel: „Riad“

- ❖ Ein Überdröströmventil sowie ein Sicherheitsventil für jede 6000m² Zone
- ❖ Jeweils ein weiteres Sicherheitsventil für jeden 2000m² Cluster

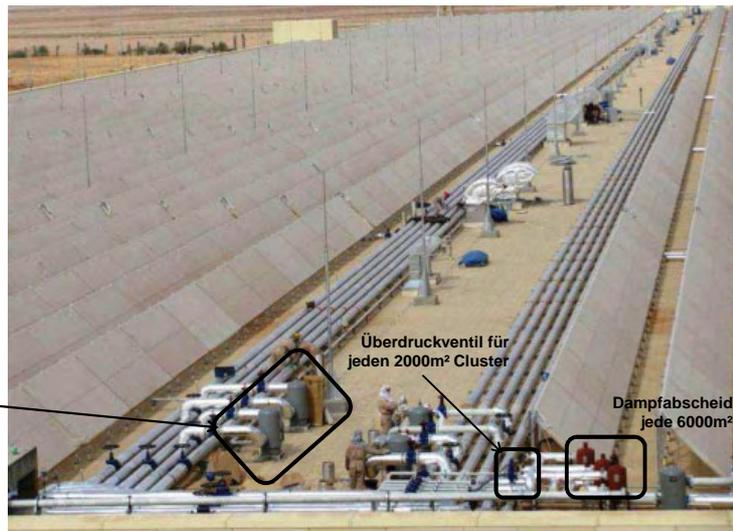


www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungsk Kooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

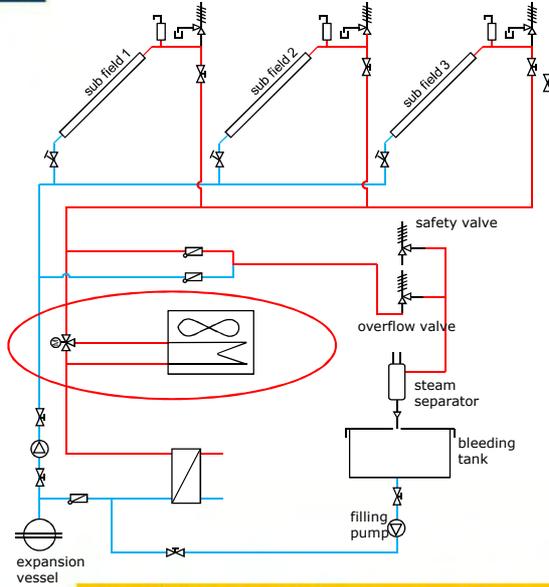
Beispiel „Riad“



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Wasser/Luft-Kühler am Bsp. Riad



- ❖ Zur Vermeidung von Anlagenstagnation wird der gesamte Solarkreis mittels Wasser/Wasser-Kühler gekühlt
- ❖ Bei unzureichender bzw. nicht funktionierender Kühlung öffnet das Überstromventil
- ❖ In weiterer Folge wird das Wärmeträgermedium über einen Dampfabscheider in einem Sammeltank eingebracht
- ❖ Fällt der Druck in der Anlage unter dem Ansprechdruck des Überströmventils, kann das System manuell über die Rücklaufleitung wiederbefüllt werden



Maßnahmen im Umgang mit Stagnation bei solarthermischen Großanlagen

	Maßnahmen im Umgang mit Stagnation	Stagnationsvermeidung
Passive Maßnahmen	Großes Volumen des Ausdehnungsgefäßes (kleine Systeme <25 m²)	
	Luftkühler z.B.: Fußleistenheizelement (kleine Systeme <50 m²)	Drainback System
	Stagnationskühler	
	passive Wärmesenken in Solarkreislauf z. B. "Aqua-System"	
Aktive Maßnahmen	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system
	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler) 	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler)
Sicherheitsventil	(üblicherweise) hoher Ansprechdruck	(üblicherweise) niedriger Ansprechdruck
Ausdehnungsgefäß	Großes Volumen (Wärmeausdehnung und Dampf)	Kleines Volumen (nur Wärmeausdehnung)



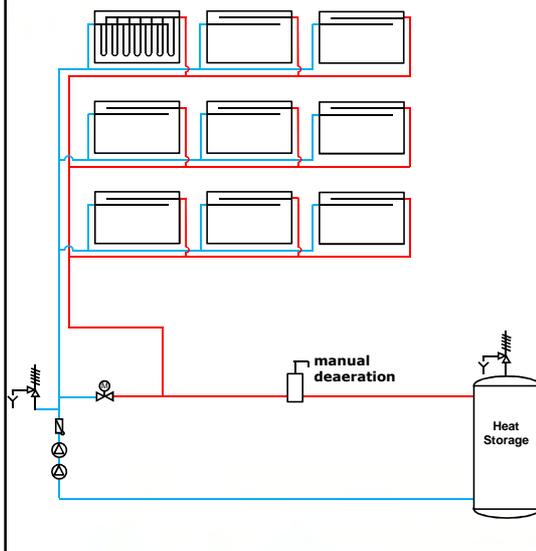
System Ritter XL Solar (Deutschland)



Bildquelle: Ritter XL



System Ritter XL Solar (Deutschland)



- ❖ Wasser als Wärmeträgermedium
- ❖ Einsatz einer Frostschutzschaltung zur Verhinderung von Frostschäden
- ❖ Keine Systemtrennung erforderlich
- ❖ Keine Ventile (Überdruckventil, etc.) direkt am Kollektorfeld
- ❖ Überdruckventil im Technikraum (Rücklauf) sowie direkt am Pufferspeicher
- ❖ Einregulierung ausschließlich über Anpassung des Durchmessers der Sammelrohre
- ❖ Nur eine manuelle Entlüftungseinrichtung im Technikraum
- ❖ Im Fall von Stagnation automatische Öffnung des Kugelhahns zwischen dem Vorlauf und Rücklauf, damit das System über beide Rohre entleert werden kann
- ❖ Das gesamte System ist dahingehend ausgelegt auftretende Flüssigkeitsausdehnung als auch mögliche Dampfbildung störungsfrei aufzunehmen.



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Maßnahmen im Umgang mit Stagnation bei solarthermischen Großanlagen

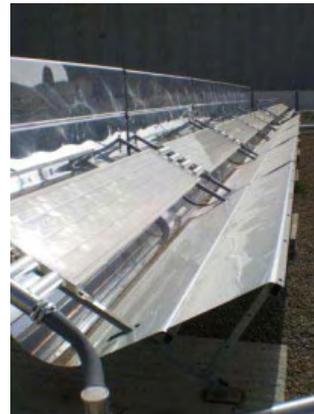
	Maßnahmen im Umgang mit Stagnation	Stagnationsvermeidung
Passive Maßnahmen	Großes Volumen des Ausdehnungsgefäßes (kleine Systeme <25 m²)	
	Luftkühler z.B.: Fußleistenheizelement (kleine Systeme <50 m²)	Drainback System
	Stagnationskühler	
	passive Wärmesenken in Solarkreislauf z. B. "Aqua-System"	
Aktive Maßnahmen	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system
	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> Wasser/Wasser-Kühler elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler) 	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> Wasser/Wasser-Kühler elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler)
		Nachtkühlung
Sicherheitsventil	(üblicherweise) hoher Ansprechdruck	(üblicherweise) niedriger Ansprechdruck
Ausdehnungsgefäß	Großes Volumen (Wärmeausdehnung und Dampf)	Kleines Volumen (nur Wärmeausdehnung)

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



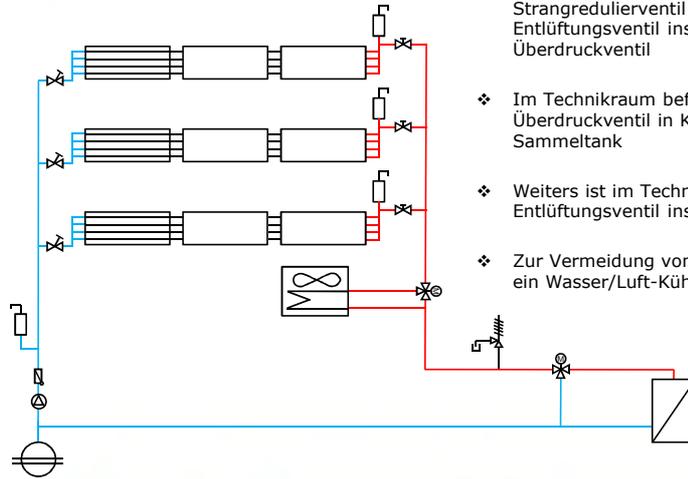
IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

System „SRB“ (Spanien)



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

System „SRB“ (Spanien)



- ❖ In jedem parallelem Subkollektorfeld ist ein Strangregulierungsventil und ein manuelles Entlüftungsventil installiert, kein Überdruckventil
- ❖ Im Technikraum befindet sich ein Überdruckventil in Kombination mit einem Sammeltank
- ❖ Weiters ist im Technikraum ein zusätzliches Entlüftungsventil installiert
- ❖ Zur Vermeidung von Anlagenstagnation wird ein Wasser/Luft-Kühler verwendet

Maßnahmen im Umgang mit Stagnation bei solarthermischen Großanlagen

	Maßnahmen im Umgang mit Stagnation	Stagnationsvermeidung
Passive Maßnahmen	Großes Volumen des Ausdehnungsgefäßes (kleine Systeme <25 m ²)	
	Luftkühler z.B.: Fußleistenheizelement (kleine Systeme <50 m ²)	Drainback System
	Stagnationskühler	
	passive Wärmesenken in Solarkreislauf z. B. "Aqua-System"	
Aktive Maßnahmen	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system	Unterbrechungsfreie Stromversorgung z.B. Batterie - backup system
	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler) 	Aktive Kühlung im Primärkreis, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> · Wasser/Wasser-Kühler · elektrische Rückkühlsysteme (Wasser/Luft-Kühler)
Sicherheitsventil	(üblicherweise) hoher Ansprechdruck	(üblicherweise) niedriger Ansprechdruck
Ausdehnungsgefäß	Großes Volumen (Wärmeausdehnung und Dampf)	Kleines Volumen (nur Wärmeausdehnung)



IEA Forschungsk Kooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

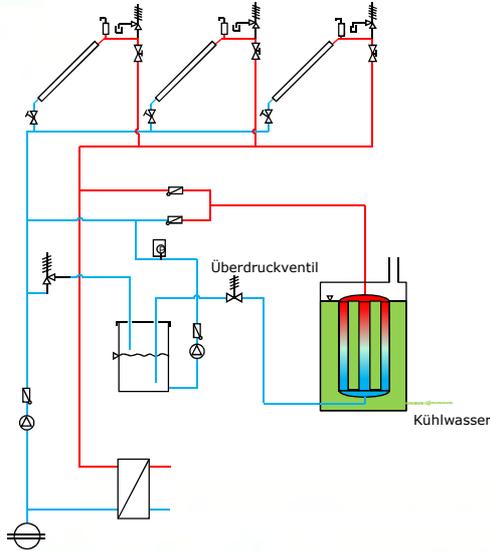
Zusammenfassung

- ❖ Eine große Anzahl unterschiedlicher Ansätze in Bezug auf:
 - ❖ Kollektorverschaltung
 - ❖ Design des Primärkreislaufs (Sicherheitstechnik, Befüllen, Spülen, Entgasen, etc.)
 - ❖ Umgang mit Stagnation
- ❖ Unterschiede bedingt durch historische Entwicklung bzw. nationaler Philosophien
- ❖ Primärkreishydraulik hat primären Einfluss auf Anlagenfunktionalität und Kosten ->Markteinführung
- ❖ Detaillierte Zusammenfassung nach Abschluss der Arbeiten in der IEA Task 45 Gruppe verfügbar

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

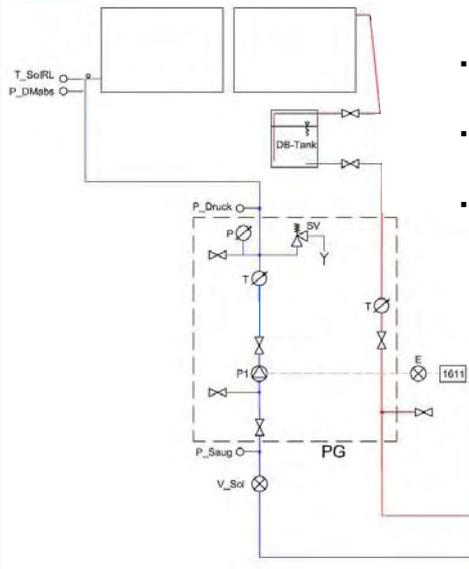


Bsp.: Stagnationskühler



- ❖ In diesem System ist Anlagenstagnation ein normaler Betriebszustand
- ❖ Im Falle von Stagnation öffnet das Überströmventil und das Medium wird in den Stagnationskühler geleitet
- ❖ In weiterer Folge wird das flüssige Wärmeträgermedium in einem Sammeltank eingebracht
- ❖ Die Wiederbefüllung der Anlage aus dem Sammeltank erfolgt nach Beendigung des Stagnationsvorganges automatisch

Drain Back Systeme

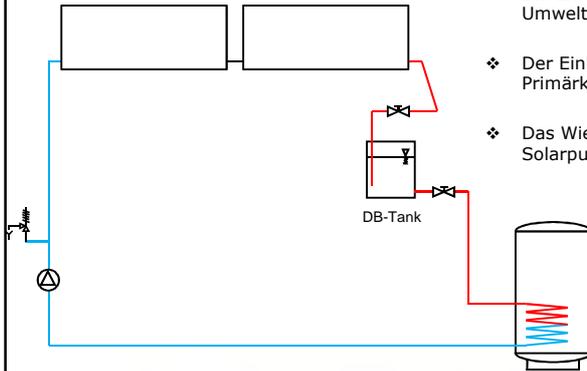


Bei Anlagenstillstand, bspw. Stagnation, entleert sich das Kollektorfeld und die Flüssigkeit sammelt sich im Drain-Back Tank.

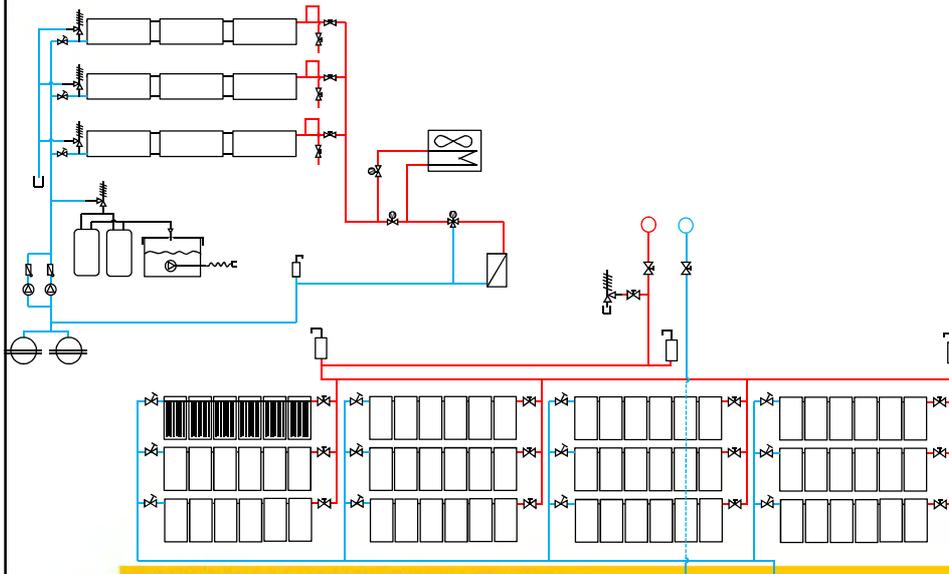
- Die Entleerung nach dem Abschalten der Umwälzpumpe erfolgt über den Rücklauf
- Der Einbau eines Rückschlagventils im Primärkreislauf ist nicht erforderlich
- Das Wiederbefüllen der Anlage erfolgt über die Solarpumpe

Drain Back Systeme

- ❖ Bei Anlagenstillstand, bspw. Stagnation, entleert sich das Kollektorfeld und die Flüssigkeit sammelt sich im Drain-Back Tank.
- ❖ Die Entleerung nach dem Abschalten der Umweltpumpe erfolgt über den Rücklauf
- ❖ Der Einbau eines Rückschlagventils im Primärkreislauf ist nicht erforderlich
- ❖ Das Wiederbefüllen der Anlage erfolgt über die Solarpumpe



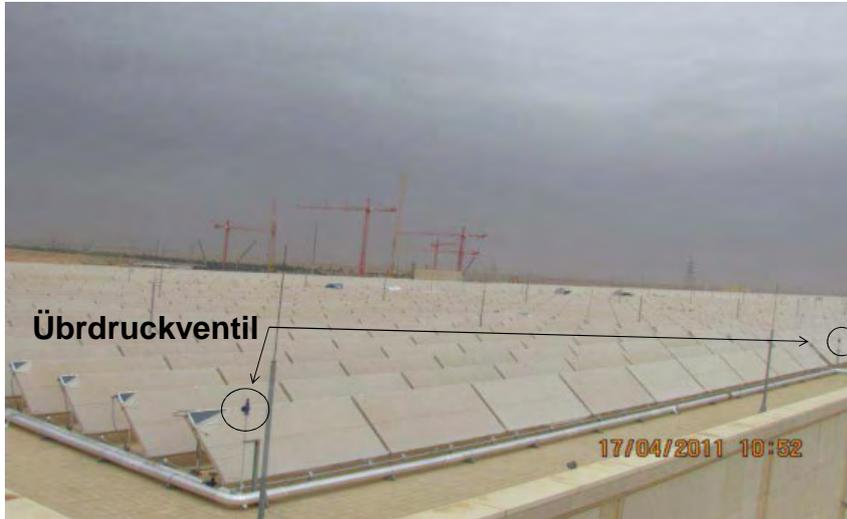
System Kanada (Beispiel: Drake Landing)





IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Beispiel: „Riad“



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„Jaegerspris“ in Denmark



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Inhalt

- ❖ Unterschiedliche Hydraulikkonzepte solarthermischer Großanlagen im internationalen Vergleich
- ❖ Maßnahmen im Umgang mit Stagnation bei solarthermischen Großanlagen

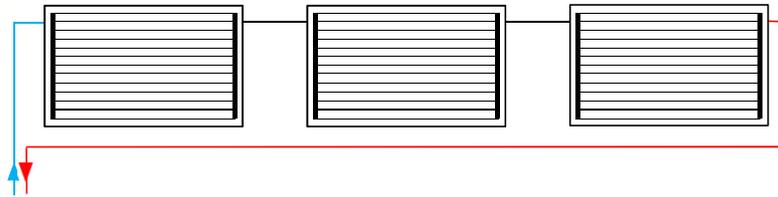


Kollektor- und Kollektorfeldhydraulik



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Harfenabsorber - Serienschaltung



- Unproblematische Strömungsverteilung in den Absorberrohren
- Hat vergleichsweise höhere Druckverluste

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

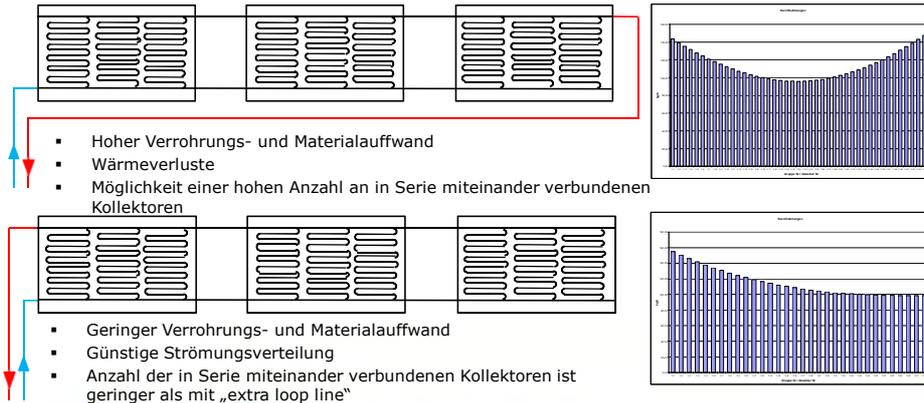
„Jaegerspris“ in Denmark



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Meander Absorber mit und ohne „extra loop“

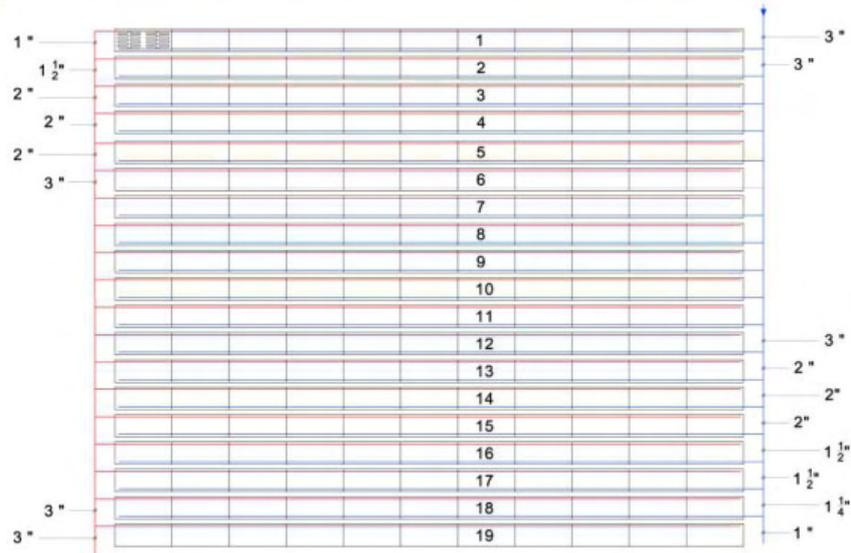
- Typischerweise geringe Druckverluste über die gesamte Kollektorfläche
- Neigt zu ungleichmäßigen Stromverteilung
- Relevanz des des Sammelleitungsdurchmessers ist im Vergleich zu Harfenabsorbern geringer



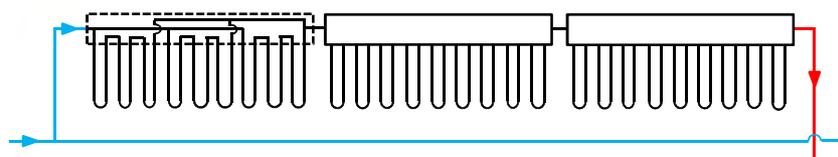
Meanderkollektoren

- Typischerweise geringe Druckverluste über die gesamte Kollektorfläche
- Neigt zu ungleichmäßigen Stromungsverteilung
- Relevanz des Sammelleitungsdurchmessers ist im Vergleich zu Harfenabsorbern geringer

Universitätscampus „Riad“ (2000m² Cluster)



Vakuumröhrenkollektoren



- Typischerweise effizientere Systeme mit höheren Temperaturen im Vergleich zu Flachkollektorsystemen im gleichen Temperaturbereich
- Größerer Verrohrungsaufwand im Vergleich zu intelligent verrohrten Flachkollektorsystemen



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„KRAL Pumpen Lustenau“



Bruttokollektorfläche: 550m²
Solarunterstützte Klimatisierung

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskoooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„KRAL Pumpen Lustenau“

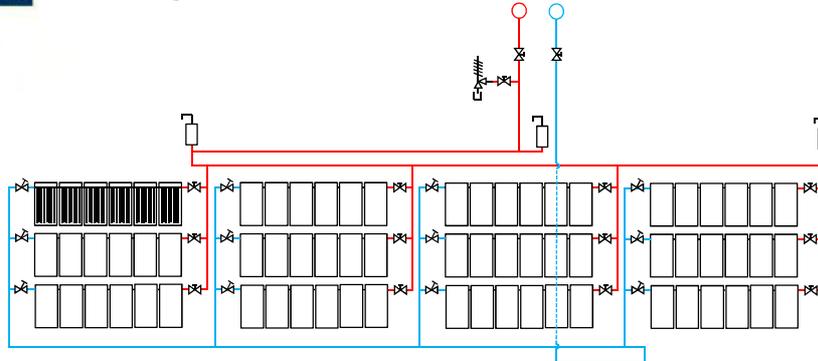


www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungsk Kooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„Zhongcai“



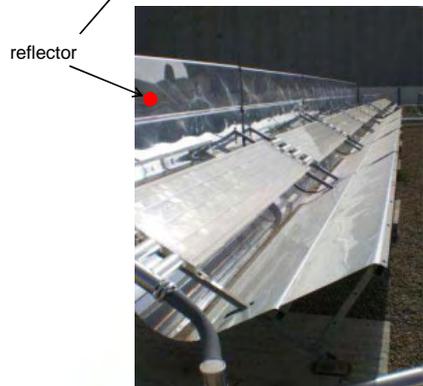
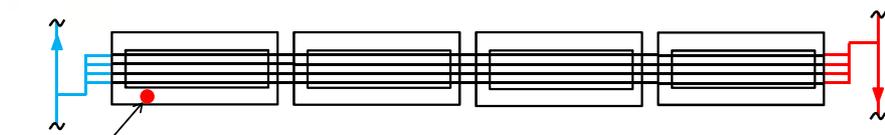
- Bruttokollektorfläche: 1900m³
- Warmwasserbereitung
- „Tichelmann“-Verschaltung

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungsk Kooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

„SRB“



- Vakkumm-Flachkollektor mit Reflektor
- Acht Anschlüsse pro Kollektor
- Vier Absorber in einer Kollektorreihe

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



IEA Forschungskooperation, 24. Oktober 2013, Göss/Austria

Beispiel „SRB“ - Valencia



Bruttokollektorfläche: 650m²
Prozesswärme - Valencia